

Jukka Koivusalo

## **Ruuvien puhdistuksen automatisointi**

Opinnäytetyö

Syksy 2010

Tekniikan yksikkö

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Koneautomaatio



## SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö  
Koulutusohjelma: Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaation suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Jukka Koivusalo

Työn nimi: Ruuvien puhdistuksen automatisointi

Ohjaaja: Markku Kärkkäinen

Vuosi: 2010 Sivumäärä: 36 Liitteiden lukumäärä: 1

---

Tämä opinnäytetyö sisältää dieselmootoreissa käytettävien ruuvien puhdistukseen liittyvän ongelman ratkaisun.

Ruuvien puhdistukseen suunniteltiin ja valmistettiin automaattinen kone, joka poimii ruuvit kuljettimelta sekä asettaa ne veto- ja tukikärkien väliin. Tämän jälkeen ruuvia pyöritetään siirtäen samaan aikaan kierteen pintaan nylonharja jolla itse puhdistus tapahtuu.

Harjauksen vaatimat liikkeet toteutettiin servotekniikkaa hyödyntämällä. Kappaleen sekä nylonharjan pyörittämiseen käytetään kolmivaiheoikosulkumootoreita. Kuljetimen sekä vaihtomekanismin tarvitsemat liikkeet toteutettiin paineilmatekniikalla.

Koneen ohjaus suoritetaan logiikan ja siihen liittyvän kosketusnäytön avulla.

Asiasanat: pneumatiikka, servotekniikka, robotiikka.

## SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

### **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology  
Degree programme: Automation Technology  
Specialisation: Machine Automation

Author: Jukka Koivusalo

Title of the thesis: Automation of Screw Purification

Supervisor: Markku Kärkkäinen

Year: 2010      Number of pages: 36      Number of appendices: 1

---

The purpose of this thesis was to solve the problems which are connected to purification of the screws that are used in diesel engines.

In order to purify the screws a machine, which picks up the screws from a conveyor and sets them to the point between tracting and holder, was designed and manufactured. Then the screw is set up in a spin and at the same time a nylon brush is moving on the surface of the screw. The nylon brush performs the actual purification.

The moving of the machine was realized by exploiting the servo technique. The three-phase current motors are spinning the screw and the brush. The moving of the conveyor and shifting mechanism were realized by exploiting the pneumatics technique.

The control of the machine was executed by using touch screen and logic.

Keywords: pneumatics, servo technique, robotics.

## SISÄLLYS

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

### SISÄLLYS

### KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

<b>1 JOHDANTO.....</b>	<b>6</b>
1.1 Tausta.....	6
1.2 Tavoitteet.....	7
1.3 Yritysesittely.....	8
1.4 Työn rakenne ja rajaus .....	9
<b>2 KIERTEEN VALMISTUS .....</b>	<b>10</b>
2.1 Yleistä kierteen valmistuksesta.....	10
2.2 Kierteen valssaus .....	11
2.3 Kierteen koneistus.....	14
<b>3 AUTOMATISOINTITAVAN VALINTA.....</b>	<b>15</b>
3.1 Vaihtoehdot.....	15
3.2 Valinnan perusteet .....	15
<b>4 KONEEN SUUNNITELU.....</b>	<b>17</b>
4.1 Lähtökohdat .....	17
4.2 Koneen toiminnan pääperiaate .....	18
4.3 Koneen suunnittelun jakautuminen.....	19
4.4 Liikkeen toteutuksen valinta .....	20
4.5 Perusrunko.....	21
4.6 Vaihtomekanismi ja kuljetin .....	25
4.7 Ohjausyksikkö.....	32
4.8 Muut suunnitteluun liittyvät asiat.....	33
<b>5 YHTEENVETO .....</b>	<b>34</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>35</b>
<b>LIITTEET .....</b>	<b>35</b>

## KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

<b>Valssaus</b>	Kierteen valmistustapa, jossa kierre valmistetaan puristamalla aihiota kahden pyörivän valssausrullan välissä.
<b>Taonta / Tyssäys</b>	Teräksen muokkaustapa, jossa yleensä kuumaksi lämmitettyä terästä käsitellään halutun muotoiseksi.
<b>Koneistus</b>	Metallin lastuava työstö esim. sorvaus, poraus, jyrsintä
<b>Vaarnaruuvi</b>	Ruuvi, jossa on kierteet molemmissa päissä, ja jonka keskiosa on yleensä halkaisijaltaan kierreosaa pienempi.
<b>Myötöraja</b>	Raja jossa terästä kuormitettaessa syntyy pysyvä muodonmuutos $1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$ .
<b>Pinooli</b>	Esim. sorvin kärkipylkämästä esiin työntyvä kara, jossa on yleensä vapaasti pyöriä kärki kappaleen tukemiseksi.
<b>Vapaakytkinlaakeri</b>	Neulalaakeri, joka pyörii vain toiseen suuntaan.
<b>Metrinen kierre</b>	Iso-standardiin perustuva kiinnityskierre.

(Valtanen 2002, 376; Ansaharju & Maaranen 2003; Airila ym. 2001; Myllymäki 2010).

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta

Memar Oy valmistaa merkittäviä määriä erikoisruuveja ja muttereita kotimaiselle konepajateollisuudelle. Vaikka ko. tuotteet pääsääntöisesti valmistetaan yleisesti käytössä olevien standardien mukaan, on niiden laatuvaatimustaso kuitenkin korkeampi kuin niin sanotusti varastotavarana myytävien standardiruuvien. (Kangas 2010.)

Ruuvit valmistetaan yleensä pyörötankoaihiosta, joko *takomalla* ensin kanta tai suoraan sorvaamalla jolloin kanta joudutaan *koneistamaan* jyrsimällä. Kierteet ruuveihin valmistetaan pääsääntöisesti *valssaamalla* ja mutterikierteet koneistamalla. (Kangas 2010.)

Ruuveja valmistetaan hyvin monista eri materiaaleista, perinteisistä rakenneteräksistä aina runsaasti seostettuihin haponkestäviin teräksiin (Kangas 2010).

Ruuvien käyttökohteita ovat esimerkiksi voimalaitosten turbiinit, paperikoneiden perustukset, kemianteollisuuden putkistot ja dieselmoottoreiden kiertokangen ja sylinterinkannenruuvit, joista viimeksi mainittuihin yritys valmistaa huomattavan määrän ruuveja. Nämä ruuvit ovat tyypiltään ns. *vaarnaruuveja*. (Kangas 2010.)

Tällä työllä haetaan ratkaisua näiden vaarnaruuvien valmistuksen viimeistelyvaiheen ongelmaan.

Ongelmana on kierteen valssauksessa kierteenharjalle syntyvät tikut, jotka aiheutuvat materiaalin voimakkaasta muovautumisesta. Tämä ongelma esiintyy ainoastaan valssattaessa lujia teräksiä, joiden *myötöraja* on yli 900 MPa. Kyseisissä ruuveissa käytettävän materiaalin myötöraja on aina vähintään tämä. (Kangas 2010.)

Koska kyseisiä ruuveja käytetään dieselmootoreiden sisällä, on niiden laatuvaatimus myös puhtauden osalta tärkeä. Näin ollen nämä valssauksessa syntyvät tikut on poistettava. (Wärtsilä NSD 2003.)

Tämän hetkinen menetelmä tikkujen poistamiseen on harjaaminen hiomakoneessa pyörivällä nylonharjalla. Työ tehdään käsityönä, ja koska ruuvien kappalemäärät ovat suuria, on tämä työvaihe sekä henkisesti että ruumiillisesti hyvin raskas.

Ongelmaa on vuosien varrella yritetty helpottaa erilaisilla harjausta helpottavilla ratkaisuilla, mutta niiden auttava vaikutus on jäänyt vähäiseksi. Lisäksi ruuvien valmistusmäärät ovat nousseet ja näin ollen ongelma on vain kasvanut.

Asiakas vaatii myös kustannustehokkuutta ruuvien valmistukseen ja koska kyseinen työvaihe on työllistävä, on se myös kustannuksia aiheuttava.

## **1.2 Tavoitteet**

Työn ensisijaisena tavoitteena on automatisoida mahdollisimman pitkälle kyseisten ruuvien harjaus.

Kuten luvussa 2 tulee ilmi, on lisätavoitteena saada yrityksen sisälle tietotaitoa koneenrakennuksesta ja erityisesti koneiden automatisointiin liittyvistä asioista.

### 1.3 Yritysesittely

Memar Oy on vuonna 1980 perustettu metallialan yritys, joka on erikoistunut sopimusvalmistukseen, teollisuuden kunnossapito-osiin ja komponenttituotantoon. Memar Oy:n päätuoteryhmät ovat: alihankintakoneistus ja komponenttituotanto, takeet, kiinnitystarvikkeet ja prosessiteollisuuden kunnossapito-osat. (KUVA 1) Yhtiö työllistää tällä hetkellä noin 70 työntekijää. (Myllymäki 2009.)

Yhtiöllä on neljä toimipaikkaa: Seinäjoella, Virroilla, Pirkkalassa ja Toijalassa. Pirkkalan yksikkö on keskittynyt isoihin muottitakeisiin ja lämpökäsittelyyn. Toijalan yksikkö on keskittynyt pieniin muotti- ja akselitakeisiin sekä jonkin verran koneistukseen. Virtain yksikkö on keskittynyt ruuvien valmistukseen, missä koneistettuihin ruuvi-aihioiden pääsääntöisesti kierteet valmistetaan valssaamalla. Seinäjoen yksikössä valmistetaan perinteisiä koneenosia NC-ohjatuilla sorveilla ja työstökeskuksilla. (Myllymäki 2009.)

Memar Oy:n erikoisosaamista on erityisesti erikoisruuvit ja mutterit ja niihin olennaisesti liittyvä materiaaliosaaminen. Kyseisiä ruuveja käytetään teollisuudessa mitä moninaisimmissa paikoissa. (Myllymäki 2009.)



### Memar Oy:n keskeiset tuoteryhmät ovat:



Kuva 1. Tuoteryhmät. (Memar Oy 2008.)

## 1.4 Työn rakenne ja rajaus

Ensimmäisessä luvussa käsitellään työn taustoja, toisessa luvussa käsitellään kierteen valmistukseen liittyviä asioita, kolmannessa perehdytään automatisointitavan valintaan liittyviin asioihin, neljännessä luvussa keskitytään laitteen suunnitteluun ja viidennessä luvussa on yhteenveto työstä.

Tämä työ keskittyy pääasiassa laitteen suunnitteluun ja siihen liittyviin asioihin. Valmistus rajataan ulkopuolelle ja näin ollen siihen tarvittaessa vain viitataan.

Laitteen tarvitseman ohjausyksikön suunnittelun tarkempi käsittely rajataan ulkopuolelle, kuten myös turvallisuusmäärittelyn käsittely.

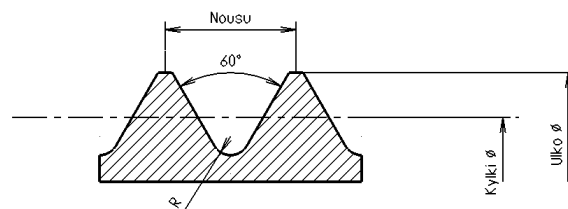
## 2 KIERTEEN VALMISTUS

### 2.1 Yleistä kierre valmistuksesta

Kierteitä valmistetaan pääsääntöisesti kahdella tavalla, valssaamalla tai koneistamalla. Kierreprofiileja on edelleen käytössä useita johtuen lähinnä historiallisista syistä. Nykyisin on kuitenkin kyetty vähentämään niiden määrää uustuotannossa. Erityisesti Euroopassa ja Aasiassa käytetään yleensä enää Iso-standardiin perustuvia kierteitä. Yhdysvalloissa sen sijaan käytetään nykyäänkin tuumamitoitukseen perustuvia standardeja lähinnä kustannussyistä, pitkästä historiasta johtuen tuumamitoituksen vaihtaminen vaatii investointeja niin työkaluihin kuin mittoihin. (Airila, ym. 2001, 163-166.)

Yleisin käytössä oleva Iso-standardiin perustuva kierre on *metrinen kierre*. Tätä kierrettä käytetään hyvin erilaisissa kiinnityksissä, koska kierre on nimenomaan kiinnityskierre. (Airila, ym. 2001, 164.)

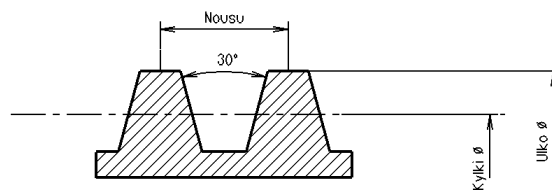
Kierre on täydeltä profiililtaan tasakylkinen kolmio (Valtanen, 2002 376). Standardi määrittelee yleisimmät suositeltavat halkaisijat ja niiden nousut, sekä normaali että hienokierteille. (Valtanen, 2002 380-381). Näitä suosituksia on hyvä noudattaa vaikka periaatteessa voidaan käyttää mitä tahansa halkaisijaa ja nousua. Suositusten ulkopuolelle jäävien mitoitusien käyttö edellyttää kuitenkin hyviä perusteluja. (Airila, ym. 2001, 164.)



Kuva 2. Metrinen kierre

Kierteen mitoituksen perustana on nimellismitta, joka määritellään ruuvin ulkohalkaisijan mukaan. Valmistuksen kannalta tärkeämpi on kuitenkin kylkihalkaisija, (KUVA 2), jolla on merkitystä ruuvin ja mutterin toisiinsa sopimisen sekä liitoksen lujuuden kannalta. Kylkihalkaisija mitataan kyseistä tarkoitusta varten valmistetulla mitalla ja sen paikka on profiilin kohdassa, jossa kierreuran ja kierreharjan leveys ovat yhtä kuin  $0,5 \times$  nousu.

Toinen yleinen käytössä oleva kierreprofiili on trapetsikierre (KUVA 3). Toisin kuin metristä kierrettä, tätä ei käytetä niinkään kiinnitystarkoitukseen vaan yleensä liikkeen aikaansaamiseen. (Airila, ym. 2001, 165.)



Kuva 3. Trapetsikierre

Trapetsikierteen mitoitukseen pätee samat seikat kuin metriseen kierteeseen.

## 2.2 Kierteen valssaus

Ruuvikierteiden valssaus on nopea ja kustannustehokas tapa kierteen valmistukseen. Lisäetuna on sillä saavutettava lujuus, joka aiheutuu aineen muokkautumisesta. (Ylä-Mononen 2009.)

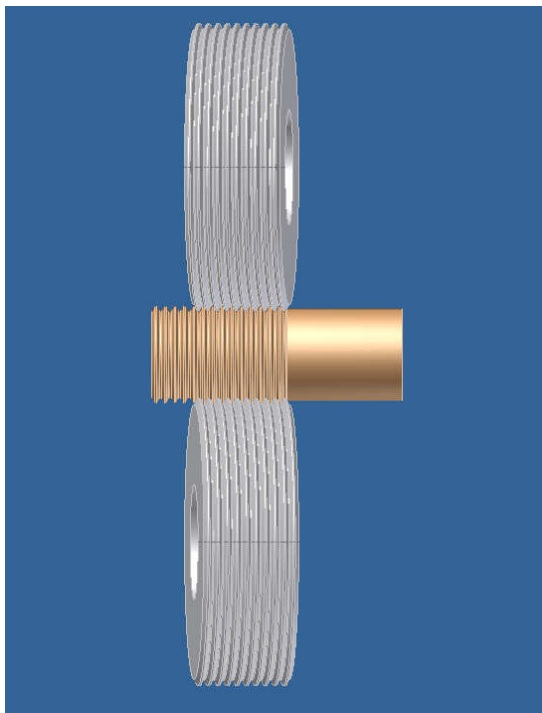
Haittapuolena ovat valssauskoneiden hinnat, jotka ovat kalliita samoin myös valssauksessa käytettävät rullat. Näin ollen nämä investoinnit puoltavat paikkaansa vain jos valmistusmäärät ovat kohtalaiset. Toisaalta koneet ja rullat ovat oikein

käytettyinä pitkä-ikäiset, joten niiden hankkimista mietittäessä kannattaa tämä seikka ottaa huomioon. (Ylä-Mononen 2009.)

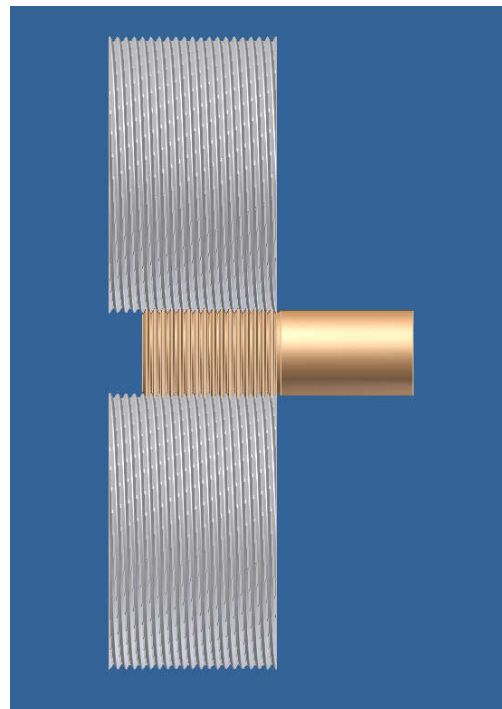
Asetus aika valssauskoneella on hyvin pieni (10–20 min) joten, kun investointi on tehty, niin pienenkin erän valmistus on kannattavaa. (Kaunisto 2009.)

Suuremmissa erissä esimerkiksi vaarnaruuveja valmistettaessa on myös mahdollista tilata pyörötanko-ainetta suoraan valssausmittaisena. tällöin saavutetaan huomattavia kustannussäästöjä. (Ylä-Mononen 2009.)

Kierteen valssaukseta on kaksi riippuen valssausrullista. Yleensä puhutaan vetävistä rullista ja pistorullista (KUVA 4, KUVA 5). (Ylä-Mononen 2009.)



Kuva 4. Vetävät rullat



Kuva 5. Pistorullat

Vetäviin rulliin on kierre-profiili hiottu kehälle suorina urina. Rullat käännetään valssauskoneessa kierteen nousukulmaa vastaavaan kulmaan vastakkaisiin suuntiin, jolloin rullien pyörivä liike saa valssattavan kappaleen pyörimään ja liikkumaan akselin suuntaisesti. (Kaunisto 2009.)

Menetelmä antaa mahdollisuuden pitkien kierteiden valmistukseen (esim. kierretangot). Etuna on myös pieni voimantarve. Haittana on kierteen loppukohdan tarvitsema pitkä päättymiskulma sekä nousuvirhe, jonka eliminointi vaatii yleensä koekappaleiden valmistusta. (Kaunisto 2009.)

Pistorulliin kierreprofiili on hiottu kehälle monipäisinä kierreurina, joiden kätsiys on päinvastainen valmistettavaan kierteeseen nähden (Rauhala 2010).

Pistorullilla valssattaessa kappale ainoastaan pyörii, mutta ei liiku akselin suunnassa. Tämä ominaisuus saadaan aikaan sovittamalla yhteen rullien kierreprofiilin kylkihalkaisija ja monipäisyys. (Rauhala, 2010.)

Esimerkiksi ruuveissa käytettävä kierre on M24, jossa on 3 mm:n nousu, ja jonka kylkihalkaisija on 21,9 millimetriä. Tälle kierteelle valitaan kierteenvalssauskoneen kokoluokan perusteella valssausrullat, joiden nimellishalkaisija on noin 200 mm.

Valmistettavissa valssausrullissa tulee olemaan yhdeksänpäinen kierre, joista jokaisen ”pään” nousu on yhdeksän kertaa kolme millimetriä, eli 27 millimetriä. Rullan kylkihalkaisija saadaan kertomalla päiden lukumäärä valmistettavan ruuvin kylkihalkaisijalla, eli  $9 \times 21,9$  millimetriä on 197,1 millimetriä. (Rauhala 2010.)

Tämän menetelmän etuna on nopeus (esim. M24-ruuvin, jonka kierrepituus on 100 mm, valssaus-aika on noin 3 sekuntia riippuen hieman aineesta). Lisäetuna on myös se että lähes kuka tahansa pystyy valmistamaan kyseisellä menetelmällä kierteitä pienen perehdyttämisen jälkeen. (Kaunisto 2009.)

Kierteen laatu ja mittatarkkuus määräytyy valssattavasta ahiosta. Kun ahiot tehdään huolella, ei valssausvaiheessa käytännössä tule virheitä. (Kaunisto 2009.)

Haittapuolena ovat pistorullien hinnat, ja se että jokainen kierrekoko vaatii omat rullat. Voiman tarve on suhteessa kierteen halkaisijaan ja nousuun, sekä suorassa suhteessa kierteen pituuteen. Jos halutaan valssata pitkiä kierteitä, on voiman tarve myös suuri. (Ylä-Mononen 2009.)

### 2.3 Kierteen koneistus

Kierteen koneistustapoja ovat sorvaus, jyrsintä, kierretapit ja pakat (Ansaharju & Maaranen 2003, 268, 447).

Nykyaikaisessa konepajassa ruuvikierteet valmistetaan pääsääntöisesti sorvaamalla. Kierrepakkojen käyttö tähän tarkoitukseen on enää harvinaista. Syynä tähän on sorvien ja niissä käytettävien ohjelmien sekä terien tekninen kehitys, joka mahdollistaa laadukkaan ja nopean kierteen valmistuksen. (Ylä-Mononen 2009.)

Mutterikierteitä sen sijaan valmistetaan paljon kierretappeja käyttäen. Pääsyyinä tähän on se että niitä on usein sellaisissa kappaleissa, joita ei voida sorvaamalla valmistaa. Lisäksi pienempien sisäkierteiden sorvaaminen on teknisestikin mahdollista. Sorvaaminen on kuitenkin paras valmistustapa aina kun se on mahdollista toteuttaa. Etuna on lähinnä laatu, jota nykyisin vaaditaan lähes kaikessa konepaja-tuotannossa. (Ansaharju & Maaranen 2003, 273)

Kierteiden valmistus jyrsimällä ne työstökeskuksilla on myös yleistynyt. Jyrsintä on nopea ja tehokas tapa, tosin ei aivan niin toistotarkka kuin sorvaus, mutta erittäin hyvä menetelmä lyhyiden kierteiden valmistukseen. (Ylä-Mononen 2009.)

Kierretappien käyttö on edelleen yleistä ja tulee olemaan jatkossakin paljon käytetty tapa valmistaa sisäkierteet. Kierretapit ovat myös kehittyneet paljon viime vuosien aikana lähinnä terägeometrian ja uusien pinnoitteiden ansiosta. (Ylä-Mononen 2009.)

Ongelmana kierretappien käytössä on kuitenkin edelleen se että niiden jättämä työstöjälki ei ole tarpeeksi laadukas ja lisäksi niillä on taipumus aiheuttaa profiilivirhettä. Markkinoilla on myös saatavana ns. mankelitappeja, joilla kierre valmistetaan muokkaamalla. Näillä tapeilla saadaan valmistettua laadukkaita kierteitä. Nämä tapit tosin soveltuvat ainoastaan alumiineille ja erittäin helposti muokkautuville pehmeille teräksille. (Kaunisto 2009.)

### 3 AUTOMATISOINTITAVAN VALINTA

#### 3.1 Vaihtoehdot

Pohdittaessa vaihtoehtoisia tapoja ruuvien harjauksen automatisointiin todettiin niitä olevan käytännössä kaksi. Toteuttaa automatisointi hyödyntämällä robottiteknikkaa, tai suunnitella ja valmistaa harjausta varten automatisoitu kone.

#### 3.2 Valinnan perusteet

**Robotin hankinta** oli hyvin vahvasti esillä pohdittaessa harjauksen automatisointia. Sitä puolusti tietynlainen helppous, robotteja on hyvin saatavilla ja niiden toimintavarmuus tiedettiin hyväksi. Lisäksi soveltuvuus tämän kaltaiseen työhön on roboteille juuri sitä ominta.

Haittapuolina oli jossain määrin kustannukset. Ensinnäkin robotin kokoa pohdittaessa todettiin siltä vaadittavan kohtuullisen suurta kappaleen käsittelykykyä, koska isoimmat ruuvit painavat noin 10 kg ja ruuvien pituus pisimmillään on lähes 800 mm.

Järkevällä tavalla robotti olisi harjannut ruuvia tarttumalla siitä kiinni keskeltä ja pyörittänyt sitä harjan ympäri, ensin toisen pään kierteen ja kääntänyt sen jälkeen ruuvia 180 astetta. Tämän jälkeen sama työkierto toistettaisiin. Kyseinen tapa kuitenkin aiheuttaa voimakkaan vääntävän momentin robotin rakenteisiin ja näin ollen olisi robotin koko kappaleen painoon nähden jouduttu ylivoimittamaan.

Tilantarve olisi myös ollut suuri johtuen turvallisuusmääräyksistä (Valtioneuvoston asetus koneen turvallisuudesta A, 400/2008), jotka edellyttävät pääsyn estämistä robotin koko ulottuvuusalueelle.

Lisäkustannuksia olisi myös aiheutunut harjaa pyörittävän hiomakoneen muutostöistä, erilaisista kuljetin- tai makasiinijärjestelyistä, joilta käsin robotti olisi ruuveja operoinut.

Harjan kulumisen huomioon ottaminen olisi myös vaatinut sitä valvovan anturin asentamista ja liitämistä robotin logiikkaan, koska pelkästään ohjelmallinen ratkaisu olisi ollut epäluotettava.

**Tarkoitusta varten valmistettavan koneen** haittapuolia olivat sen vaatima suunnittelutyö, joka olisi aikaa vievää ja kustannuksia aiheuttava. Koneen soveltumattomuus muuhun kuin suunniteltuun työhön oli myös ongelma.

Hyvinä puolina koneessa nähtiin mahdollisuutta valmistaa siitä robottisolua pienemmän tilan vaatima ratkaisu. Lisäksi siitä olisi mahdollista tehdä oikealla käyttöliittymäratkaisulla helppokäyttöisempi kuin robotista.

Eniten konetta kuitenkin puolsi mahdollisuus lisätä ja laajentaa yrityksen kasvumahdollisuuksia koneenrakennuksen puolelle. Onnistunut kone toimisi hyvänä referenssinä ja antaisi runsaasti tietotaitoa yritykselle koneen suunnittelusta, sisältäen monipuolisesti liikkeenohjausta, logiikkaohjelmointia sekä ohjausyksikön sähköistykseen liittyviä asioita.

Kun edellä mainitut asiat otettiin huomioon, sekä todettiin robotisoinnin vaativan myös paljon suunnittelutyötä kuljettimien ym. muiden suhteen, päädyttiin siihen johtopäätökseen, että yritys suunnittelee valmistaa ruuvien harjaukseen oman koneen (LIITE 1).



## 4 KONEEN SUUNNITELU

### 4.1 Lähtökohdat

Ruuveja valmistetaan noin viittätoista erimittaista. Pienin on halkaisijaltaan 24 mm ja pituudeltaan 192 mm. Suurin on halkaisijaltaan 56 mm ja pituudeltaan 730 mm (KUVA 6). Tämä suuri ruuvien kokoero asetti vaativan lähtökohdan koneen suunniteluun.



Kuva 6. Erikokoisia ruuveja

Tarkoitus oli myös saada koneen asetus aika ruuvikokojen vaihtuessa mahdollisimman nopeaksi. Lisäksi asetuksen ja ohjelman vaihto tulisi suunnitella mahdollisimman helpoksi. Vaihdoista tulisi tehdä niin helppo, että kuka tahansa työntekijöistä pystyisi kouluttamaan siihen.

Koneen valmistus on tarkoitus tehdä omana työnä ja käytettävissä olevalla konekannalla. Tämä seikka on myös suunnittelussa huomioitava. Valmistuksen muutenkin huomioon ottaminen suunnittelussa olisi tärkeää. Valmistukseen ei saisi kulua kohtuuttomasti aikaa ja sen ei tulisi häiritä liikaa muuta tuotantoa.

Päätettiin edellä käsitellyt asiat huomioon ottaen panostaa erityisesti suunnitteluun ja varata siihen riittävästi aikaa.

#### 4.2 Koneen toiminnan pääperiaate

Koneen toiminnan pääperiaate on poimia kuljettimelta ruuvi, asettaa se kärkien väliin (KUVA 7), jossa se pyörii vetokärjen vaikutuksesta. Harjaus tapahtuu siirtämällä pyörivää harjaa liikkeen ohjausta hyväksi käyttäen ensin kiinni kierteeseen ja edelleen siirtäen akselin suunnassa harjaa koko kierteen mitan verran. Tämän jälkeen koneen tulisi suorittaa kappaleen vaihto, siirtää harjattu ruuvi kuljettimelle ja ottaa uusi ruuvi tilalle.



Kuva 7. Ruuvi kärkien välissä

Työntekijän työnä on huolehtia ruuvien kuljettimelle asettaminen sekä pois ottaminen. Aika, joka yhden ruuvin harjaukseen kuluu, tiedetään kokemukseräisesti olevan noin 15 sekuntia. Tämän perusteella koneen suunnittelussa asetettiin yhden ruuvin käsittelyajan tavoitteeksi 30 sekuntia. Tämä aika on myös riittävä kokonaiskapasiteettiä ajatellen sisältäen tarpeeksi mahdollista volyymin kasvuvaraa (Rintala 2009).

Kuljettimen, jolle ruuvit asetettaisiin, tulisi myös olla riittävän pitkä, että kone voisi toimia itsenäisesti esim. työntekijöiden taukojen aikana, sekä mahdollistaa ruuvien asettaminen ja poistaminen muiden töiden ohella.

Edellä mainitun tavoitekäsittelyajan perusteella kuljettimesta on suunniteltava sellainen, jolle mahtuisi noin 100 kpl ruuveja: 50 kpl harjaamattomia ja 50 kpl harjattuja. Lisäksi kuljettimella olisi päästävä noin 20 minuutin sykliin ruuvien panostamisessa.

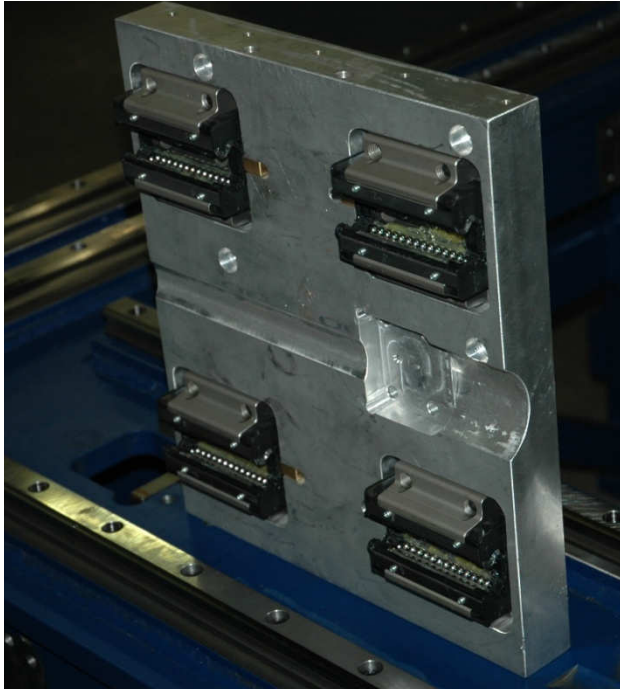
#### **4.3 Koneen suunnittelun jakautuminen**

Suunnittelu jakautui neljään pääryhmään:

- 1) Liikkeiltä vaadittavan toteutustavan valintaan.
- 2) Perusrunkoon, joka sisältää mekaanisen liikkeen aikaan saamiseksi tarvittavat johderatkaisut yhdessä kappaleen sekä harjan pyörittämisen edellyttämien ratkaisujen kanssa.
- 3) Kappaleen vaihtomekanismin suunnittelun yhdessä kuljetinratkaisun kanssa.
- 4) Ohjausyksikön suunnitteluun.

#### 4.4 Liikkeen toteutuksen valinta

Johderatkaisuksi päätettiin valita lineaarijohteet. Valintaa puolsi niiden suhteellinen edullisuus, sekä toimintavarmuus ja asennuksen helppous (KUVA 8).



Kuva 8. Lineaarijohteet

Liike päätettiin toteuttaa kuularuuveilla ja muttereilla. Kuularuuvien pyörittämiseen valittiin käytettäväksi servomootoreita.

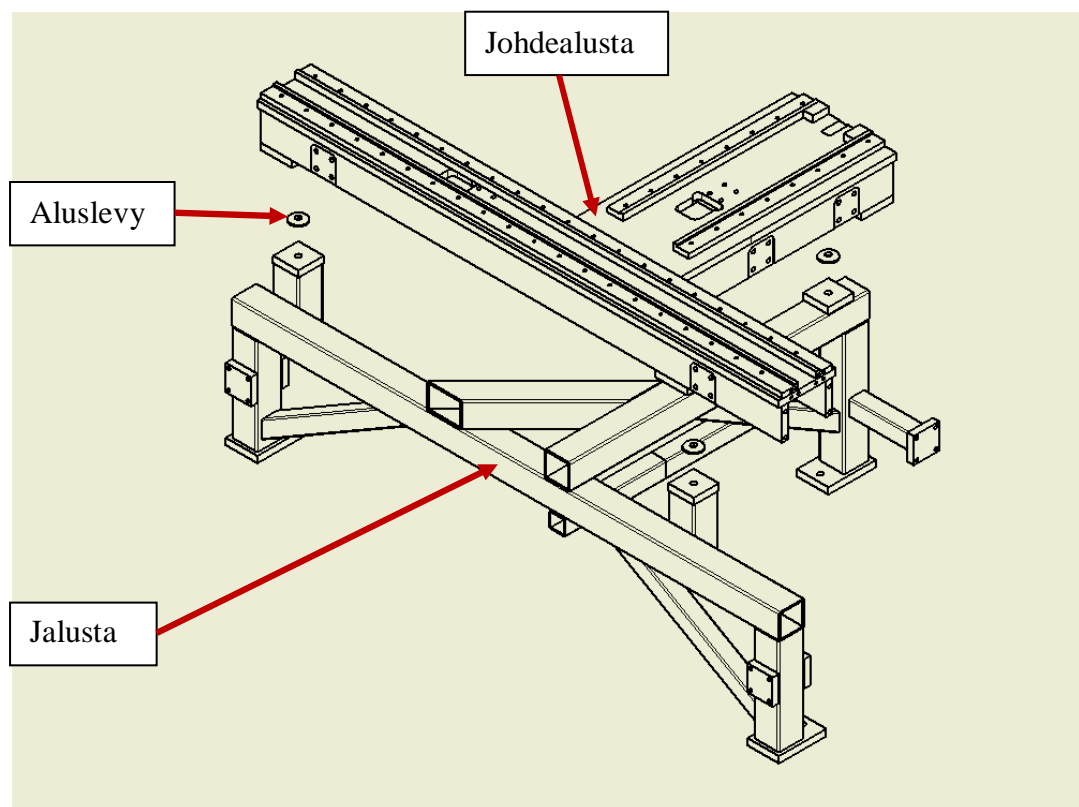
Servomootoreiden valintaa kyseiseen käyttötarkoitukseen ei voida pitää edullisimpana vaihtoehtona. Valintaa kuitenkin puolsi niiden toimintavarmuus (Lehtonen 2009), sekä yrityksen halu saada tietotaitoa servotekniikasta yleensä ja niiden logiikan avulla suoritettavasta ohjauksesta.

#### 4.5 Perusrunko

Perusrungolle sijoitetaan kaikki johderatkaisut, joilla toteutetaan X- ja Y-suuntaiset liikkeet.

Runko koostuu putkipalkista valmistettavasta jalustasta, jolla kone tullaan kiinnittämään lattiapintaan, sekä sen päälle levyosista valmistettavasta johdealustasta, joka kiinnitetään kolmesta pisteestä ruuveilla kehikkoon (KUVA 9).

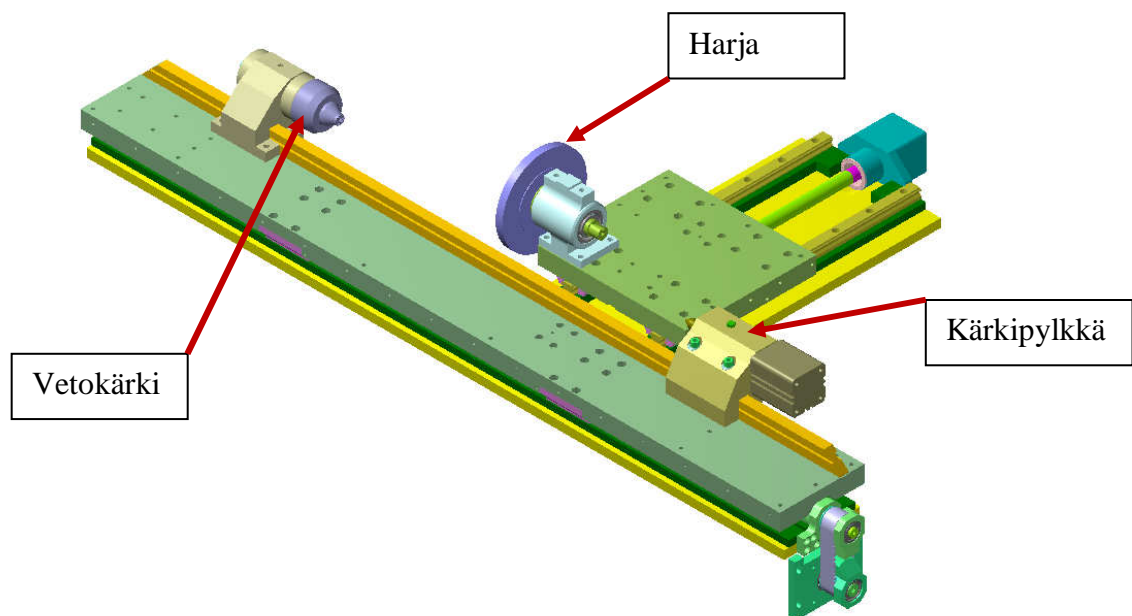
Kiinnityskohdissa tullaan käyttämään pallopintaisia aluslevyjä, joiden tarkoitus on estää kehikon lattiaan kiinnittämisestä aiheutuvien taipumien siirtyminen johdealustaan.



Kuva 9. Perusrunko

Lisäksi perusrunkoon koneistetaan kaikki tarvittavat kiinnitystasot ja kiertet, joihin liikkeen aikaan saamiseksi tarvittavat komponentit kiinnitetään. Edellä mainittujen kiinnitystasojen lisäksi runkoon lisättiin erilaisia varakiinnityspisteitä. Tämä toimenpide suunniteltiin sitä silmällä pitäen, että voitaisiin aloittaa koneen valmistus ilman kaikkien yksityiskohtien lopullista suunnittelua. Rungon materiaalina päätettiin käyttää yleisesti käytössä olevia rakenneteräksiä.

Perusrunkoon kiinnitettävien johteiden päälle valmistetaan X- ja Y-kelkat (KUVA 10), joihin sijoitetaan ruuvin pyörittämiseen tarvittavat moottorit ja laakeripesät vetokärkeä, sekä *pinolia* (X-akseli) ja harjaa (Y-akseli) varten.



Kuva 10. X- ja Y -kelkat

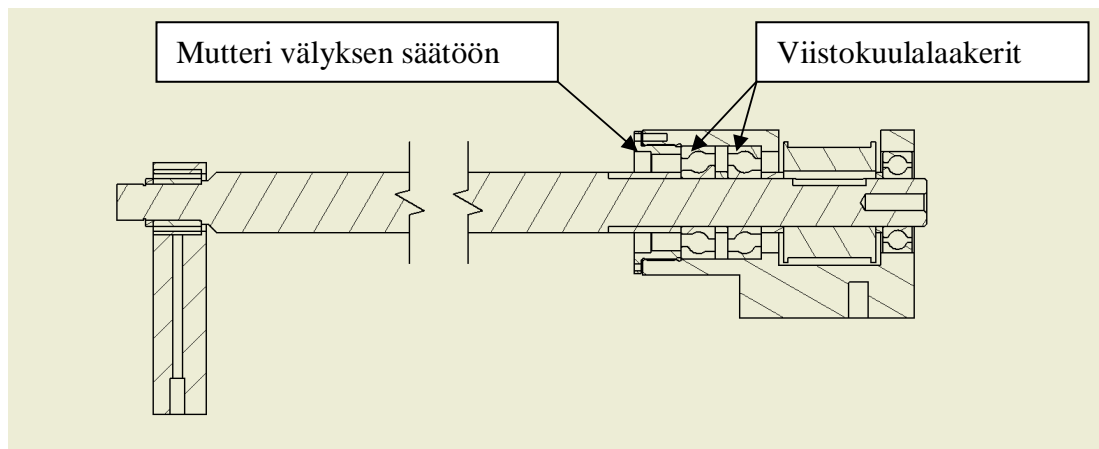
Moottoreiksi valittiin normaalit kolmivaiheikosulkumoottorit tehoiltaan 1,5 kW (harjalle) ja 0,37 kW ruuvin pyörittämiseen. Lisäksi päätettiin ohjata harjaa pyörittävää moottoria taajuusmuuttajan avulla, jolloin voidaan säätää harjan nopeus tikkujen poiston kannalta optimaaliseksi.

X- ja Y-kelkat sekä laakeripesät suunniteltiin valmistettavaksi alumiinista, koska sen työstäminen on helppoa, ja koska kyseisiltä osilta ei vaadita erityistä lujuutta.

X-kelkkaan valmistetaan teräksestä tukitanko, joka sen lisäksi että se jäykistää kelkkaa ja estää sen taipumista, toimii samalla myös ohjaustankona siirrettäessä kärkipylkkää ruuvin pituuden vaatimaan asemaan.

Servomoottoreille suunniteltiin kytkinkotelot, jotka kiinnitetään perusrunkoon ja joiden avulla voima välitetään kuularuuveille, jotka liikuttavat X- ja Y-akseleita niihin kiinnitettyjen kuulamuttereiden avulla.

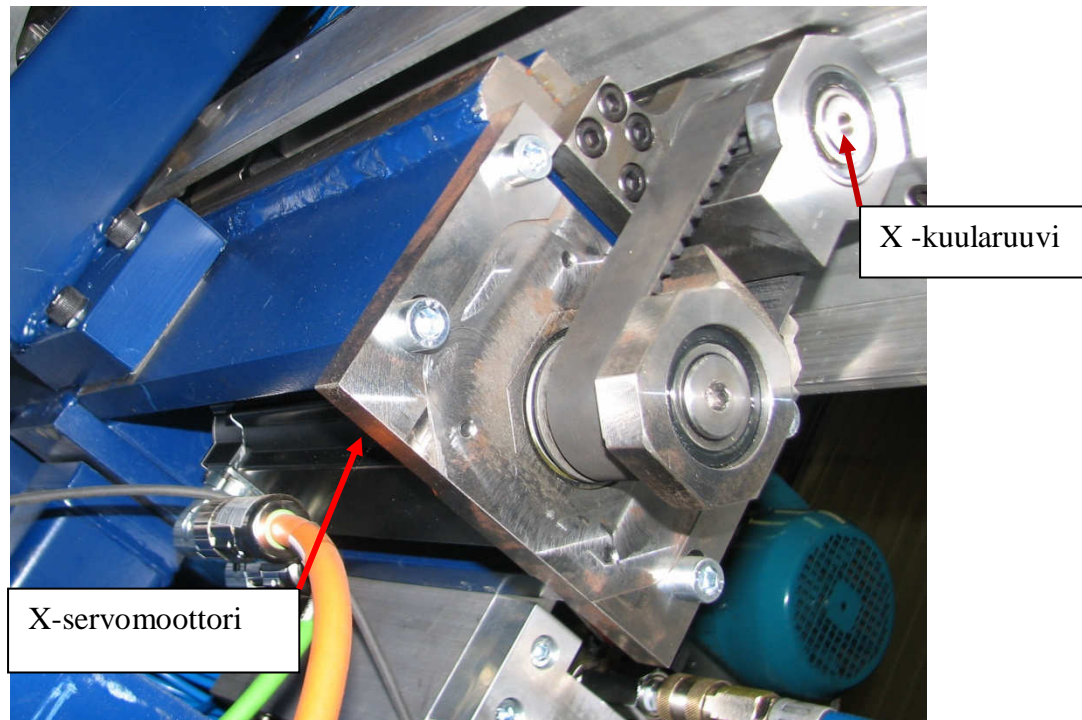
Kuularuuvien laakerointi päätettiin toteuttaa kahdella kuularuuvin toiseen päähän asennettavalla viistokuulalaakerilla (KUVA 11), joiden avulla akselin suuntainen vällys on helppo säätää. Toinen pää kuularuuvista laakeroitiin neulalaakerilla, jonka tehtävä on lähinnä kuularuuvin kannattaminen.



Kuva 11. Kuularuuvin laakerointi



Servomootoreista Y-akselin moottori voitiin suoraan kytkeä kytkinkoteloon. X-akselin servomootori sen sijaan jouduttiin sijoittamaan alemmaksi ja siirtämään voima hammashihnan välityksellä kuularuuville (KUVA 12). Vaikka toimenpide hieman työllisti, saatiin samalla moottori sijoitettua suojaisaan paikkaan.



Kuva 12. X-servomoottorin sijoitus

Kuularuuvien kokoluokkaa mietittäessä päähuomio kiinnittyi lähinnä ruuvin nousuun, jolla oli merkitystä liikenopeuksien kannalta. Tätä asiaa oli tarkasteltava yhdessä servomoottoreiden kierrosnopeuksien kanssa, koska ne yhdessä vaikuttavat liikenopeuksiin. Kuularuuvin nousuksi valittiin 5 mm, jolla saavutettiin riittävät nopeudet. Kuularuuvin halkaisijaksi valittiin 25 mm, jonka valinta perustui lähinnä valmistusteknisiin syihin.



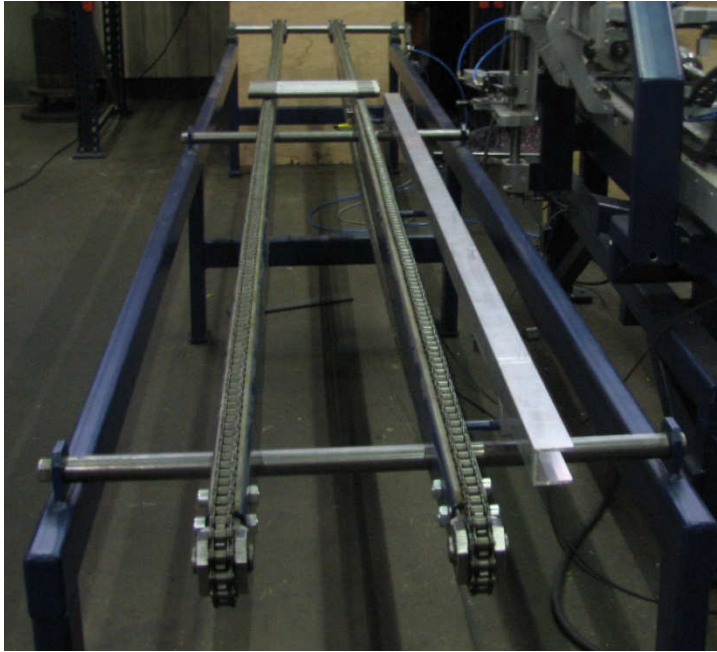
Pohdittaessa servomoottoreiden kokoluokkaa tehontarpeen osalta todettiin niiden hinnan eron olevan merkityksetön siinä teholuokassa, jossa suurin piirtein liikuttiin. Näin ollen päädyttiin valitsemaan 1,75 kW moottorit, koska ne olivat valmistusta ajatellen fyysisesti sopivan kokoiset ja teholtaan sekä vääntömomentiltaan varmasti riittävät.

#### **4.6 Vaihtomekanismi ja kuljetin**

Vaihto- ja kuljetinratkaisun lähtökohtana olivat toimivuuden lisäksi, mahdollisimman pieni tilantarve, sekä työntekijän työskentelyolosuhteiden huomiointi.

Kuljettimelta vaadittiin lisäksi myös kykyä kuljettaa erikokoisia ruuveja siten, että ne olisi siirrettävissä helposti harjaukseen ja sieltä pois. Kappaleen vaihto aika tulisi myös saada mahdollisimman pieneksi, jotta laitteella saavutettaisiin sille asetettu ruuvien kokonaiskäsittelyaika.

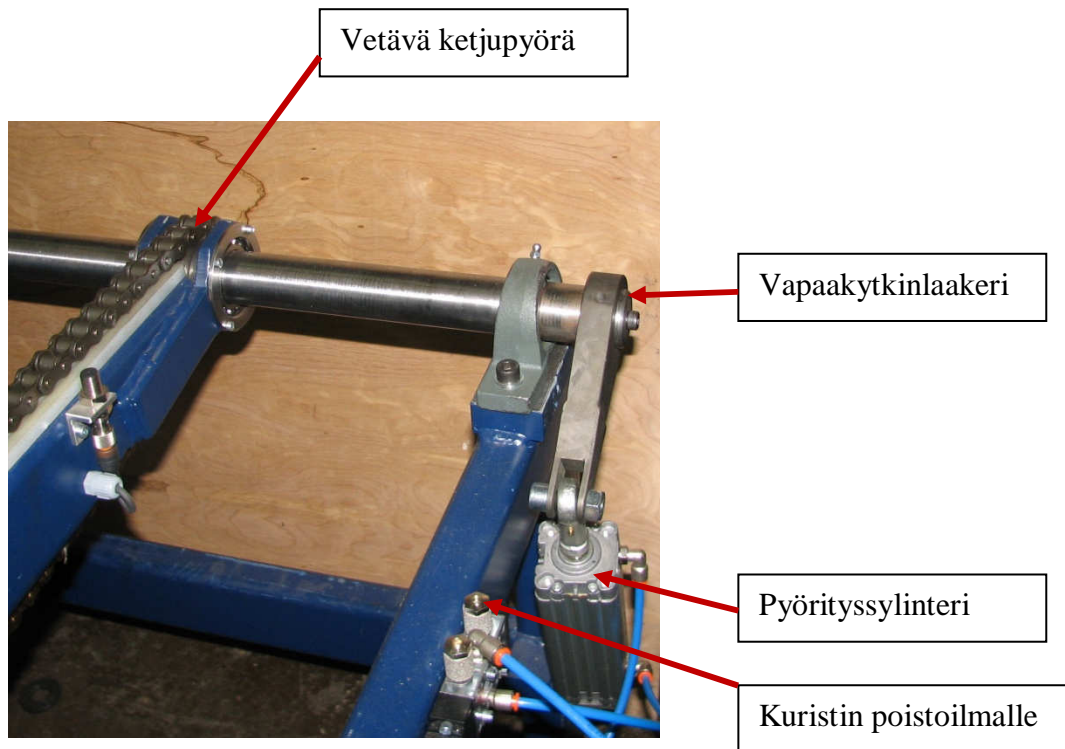
Yrityksessä aiemmin suunniteltu ja valmistettu kyseisten ruuvien sorvauksen robotisointiin liittyvä, rullaketjuun ja ketjupyöriin perustuva kuljetinratkaisu oli osoittautunut toimivaksi, joten päätettiin tutkia mahdollisuutta hyödyntää kyseistä ratkaisua myös tässä projektissa. Pohdintojen jälkeen päädyttiin siihen johtopäätökseen, että tämä malli voidaan ottaa kuljetinratkaisun perustaksi (KUVA 13).



Kuva 13. Rullaketjukuljetin

Rullaketjukuljettimen toiminta perustuu kahteen rinnakkaiseen liukukiskoon, joiden päällä pyöritetään rullaketjuja. Liukukiskojen molemmissa päissä on ketjupyörät, joista toisessa päässä olevat toimivat vetävinä. Liukukiskot asennetaan kuljettimen runkoon siten, että niitä voidaan sivusuunnassa liikuttaa ruuvien pituuden mukaan.

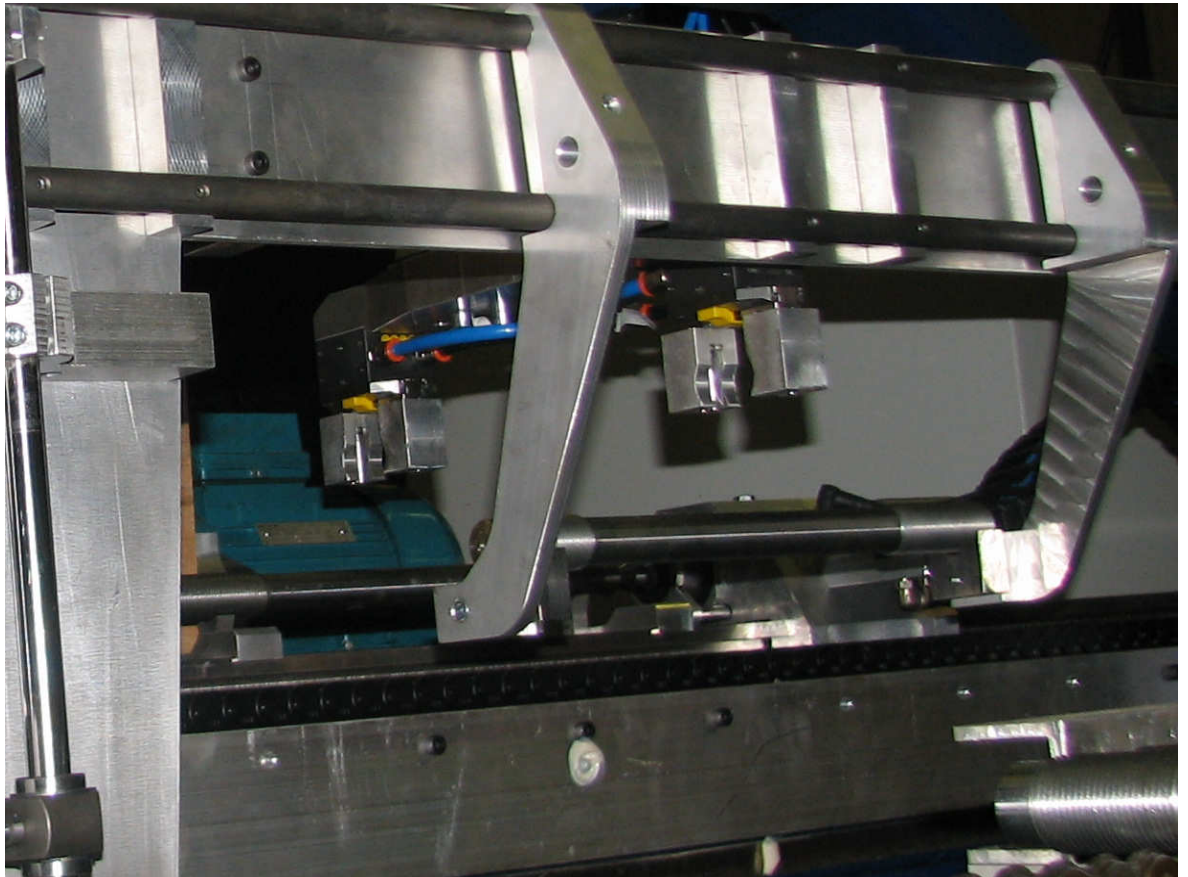
Ketjun pyöritys on toteutettu paineilmasylinterillä, joka pyörittää vetävien ketjupyörien akselia vivun ja akselin päähän sovitettun ns. *vapaakytkinlaakerin* avulla. Ratkaisun avulla saadaan sylinterin edestakainen liike muutettua pyöriväksi (KUVA 14).



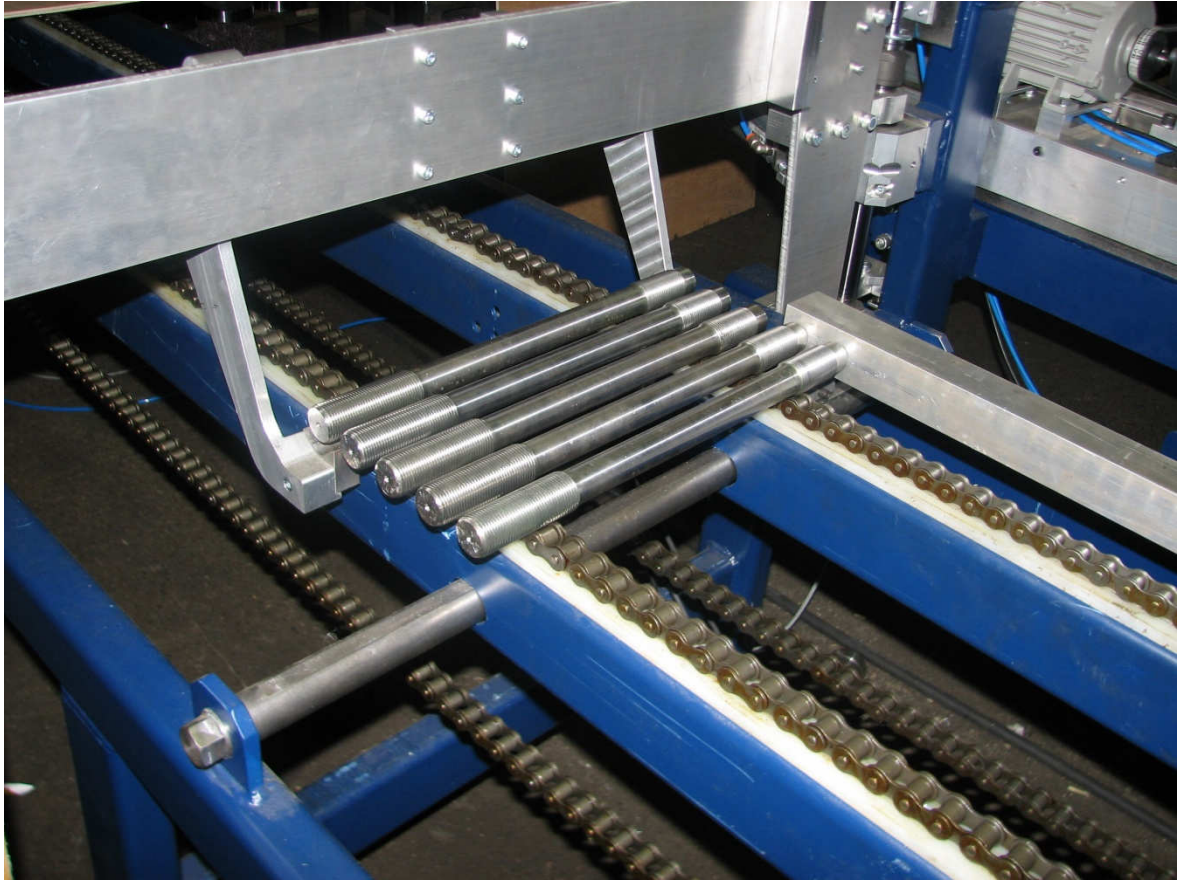
Kuva 14. Kuljettimen pyöritys

Lisäetuna on myös ratkaisun edullisuus ja nopeuden helppo säädettävyys (säätö tapahtuu paineilmaventtiilin poistoilman kuristajalla) verrattuna sähkömoottoriin ja sen vaatimaan alennusvaihteeseen. Pyörähdyspituuden kontrollointi tapahtuu induktioanturilla, joka on asennettu tunnistamaan ketjupyörän hampaita.

Tavoitekäsittelyajan saavuttamiseksi ruuvien poiminta kuljettimelta tuli saada toteutettua osittain harjaustapahtuman aikana. Tarkoitusta varten suunniteltiin poimintamekanismi, joka nostaa ruuvin kuljettimelta ja tämän jälkeen kääntää sitä 90 astetta vaihtopisteeseen (KUVA 15, KUVA 16). Vaihtopisteessä kappale voi odottaa harjaustyökierron päättymistä.



Kuva 15. Ruuvi vaihtopisteessä



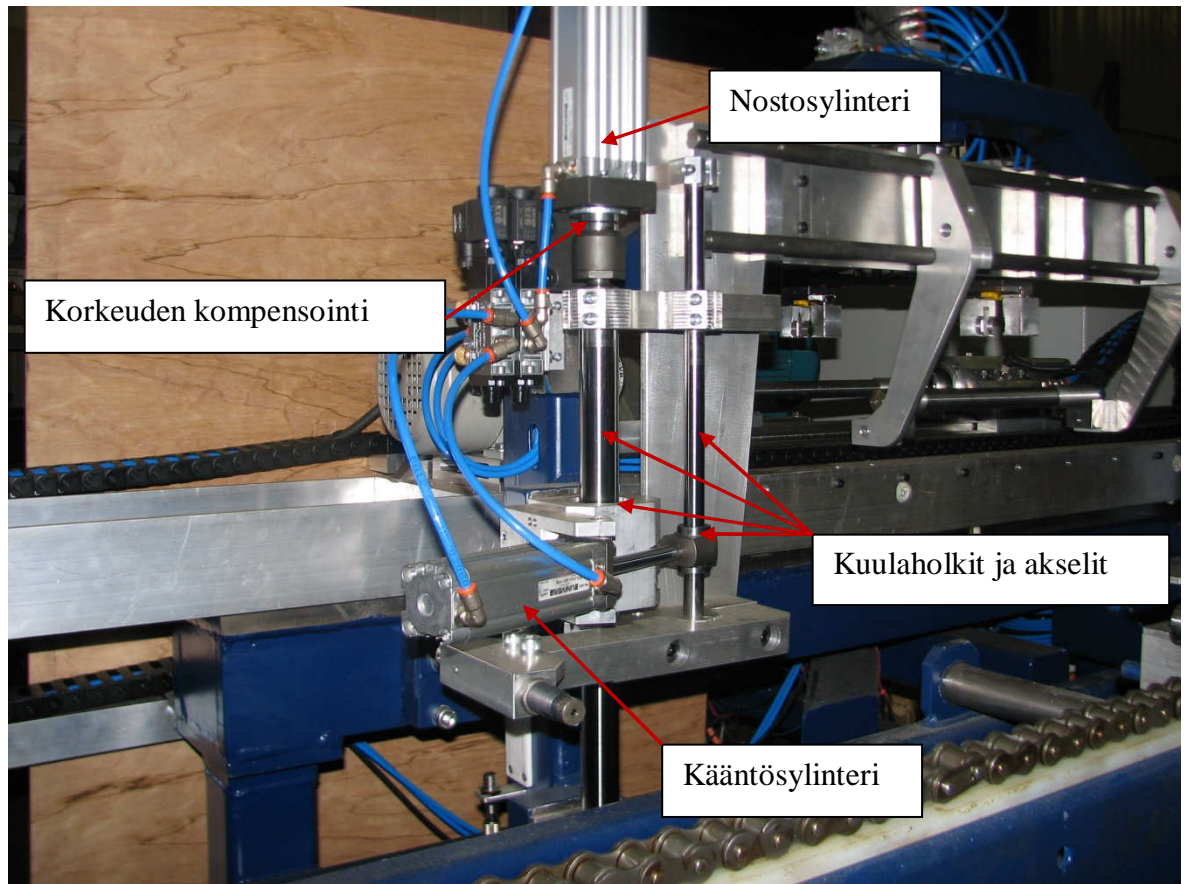
Kuva 16. Ruuvien poiminta kuljettimelta

Poimintamekanismin tarvitsema johderatkaisu toteutettiin kuulaholkkien ja niiden sisällä liikkuvan akselin avulla. Tämä ratkaisu mahdollistaa sekä akselin että säteen suuntaisen liikkeen aikaansaamisen (KUVA 17).

Liikkeiden aikaansaamiseksi tarvittavat voimat toteutettiin paineilmasylintereiden avulla. Lisäksi mekanismiin suunniteltiin johteet ruuvien kannattimia varten. Kannattimia oli voitava siirtää ruuvien pituuden mukaan. Kannattimiin suunniteltiin prisma-palat, joiden tehtävä on keskittää ruuvi vaihtoa varten.

Lisäksi poimintamekanismiin jouduttiin suunnittelemaan menetelmä, jolla ruuvien halkaisijaerosta johtuva korkeuspoikkeama vaihtopisteessä kompensoitaisiin. Tämä ratkaistiin mekanismin nostosylinterin varteen suunnitelluilla vaihdettavilla halkaisijakohtaisilla nostokorkeuden rajoitusholkeilla.

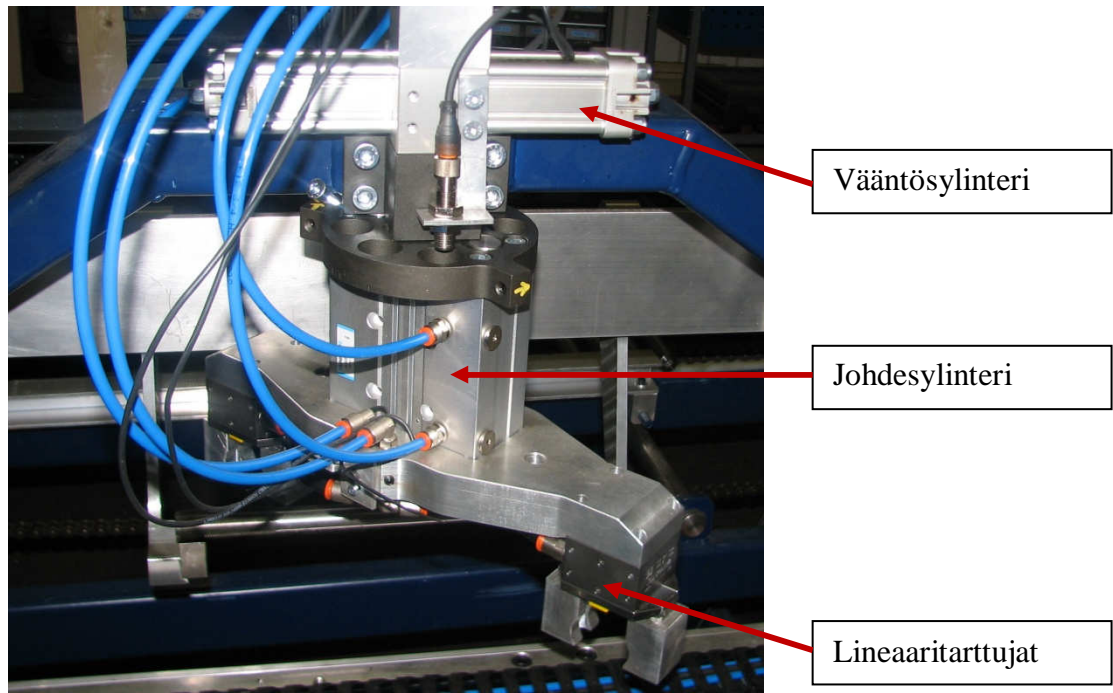




Kuva 17. Kappaleen poimintamekanismi

Vaihtomekanismi toteutettiin kahden paineilamalla toimivan lineaaritarttujan avulla. Ideana oli vaihdon saaminen toimimaan siten, että tarttujat kiinnittyisivät yhtä aikaa vaihtopisteessä ja kärkien välissä oleviin ruuveihin, jonka jälkeen niitä pyöräytettäisiin 180 astetta. Näin saataisiin kappaleen vaihdosta ajallisesti mahdollisimman lyhyt.

Vaihtomekanismi edellytti myös ruuvien nostamista prismoilta ennen niiden pyöräyttämistä. Tämä toimenpide toteutettiin sylinterin toimittajan luettelosta löytyneellä JLS-sarjan johdesylinterillä. Samalta toimittajalta löytyi myös toimiva ratkaisu pyöräyttämisen vaativaan vääntösylinteriin (KUVA 18).



Kuva 18. Kappaleen vaihtomekanismi

Komponenttivalintojen jälkeen suunniteltiin vaihto- ja poimintamekanismille yhteinen runko, johon voitiin sijoittaa kaikki niiden tarvitsemat laakeripesät ym. kiinnityskorvakkeet. Runko suunniteltiin valmistettavaksi putkipalkista 90x50x4 mm.

Keskeinen syy valintaan oli valmistusteknisten syiden lisäksi seikka, että tämä mahdollisti mekanismin tarvitsemien paineilmaletkujen sekä venttiilien sähköjohtojen sijoittamisen kulkemaan putken sisällä, jolloin ne ovat suojassa ja samalla luovat koneesta ulospäin siistin vaikutelman. Tämä runkorakenne, yhdessä siihen asennettavien komponenttien kanssa kiinnitettiin ruuveilla koneen perusrunkoon, jotka näin muodostivat yhtenäisen kokonaisuuden.

#### 4.7 Ohjausyksikkö

Ohjausyksikkö päätettiin toteuttaa antamalla sen suunnittelu opinnäytetyöksi Jukka Rintamäelle, joka opiskelee automaatiotekniikkaa Seinäjoen ammattikorkeakoulussa. Näin ollen tässä sen käsittely rajoittuu ainoastaan pääkohtiin.

Ohjausyksikön perustaksi valittiin pulpettimallinen sähkökaappi (KUVA 19), jonka päälle voitaisiin sijoittaa käyttöpaneeli ja muut ohjauksessa tarvittavat painikkeet. Kokoluokka valittiin riittävän suureksi niin, että sinne on helppo sijoittaa kaikki tarvittavat komponentit. Tilaa oli varattava servojen ohjausyksiköille, moottorien kontaktoreille, taajuusmuuttajalle, logiikkayksikölle sekä riviliittimille. Lisäksi varattiin hieman tilaa mahdollisille myöhemmin ilmeneville tarpeille.



Kuva 19. Ohjausyksikkö



#### **4.8 Muut suunnitteluun liittyvät asiat**

Laitteen pyöriviin osiin suunniteltiin tarvittavat suojat (Valtioneuvoston asetus koneen turvallisuudesta 400/2008). Lisäksi harjauksesta syntyvän pölyn poistoon hankittiin tarkoitukseen sopiva imuri (Virhydro).

Koneen liikkuviin osiin pääsy estettiin tarkoitusta varten suunnitelluilla aidoituksella. Laitteen riskinarviointi suoritettiin (SFS-EN ISO 14121-1. 2008) standardin mukaan.

Suunnitelluissa osissa materiaalina pyrittiin käyttämään mahdollisimman paljon alumiinia helpon työstettävyyden ja keveyden vuoksi. Hyvänä puolena oli myös se että alumiinista valmistetut osat olivat myös ulkoisesti viimeistellyn näköiset, eivät-kä näin ollen tarvinneet maalausta tai pintakäsittelyä. Teräsosien pintakäsittelyksi valittiin maalaus. Väriksi valittiin tummansininen RAL 2008.

## 5 YHTEENVETO

Ruuvien puhdistuksen automatisoinnin voidaan yleisesti todeta onnistuneeksi. Suunnittelutyö tosin osoittautui erityisesti kuljetin- ja vaihtomekanismin osalta varsin työllistäväksi, johtuen ruuvien suuresta kokoerosta ja tarpeesta saada laitteen tilantarve mahdollisimman pieneksi.

Muilta osin suunnittelutyö osoittautui odotusten mukaiseksi, eikä siinä ilmennyt erityisen työllistäviä ongelmia. Runkoratkaisu osoittautui varsin toimivaksi, kuten myös kuljetin sekä vaihtomekanismi.

Ohjausyksikkö ja erityisesti siihen liittyvästä käyttöliittymästä saatiin odotusten mukaisesti helppokäyttöinen ja toimiva.

Koneen valmistuksessa ei myöskään ilmennyt ongelmia, johtuen pääsääntöisesti siitä seikasta että suunnitteluvaiheessa mietittiin kyseisten komponenttien valmistavuutta.

## LÄHTEET

- Airila, M. ym. 2001. Koneenosien suunnittelu. 3. uudistettu painos. Helsinki. Werner Söderström Oy.
- Ansaharju, T. Maaranen, K. 2003. Koneistus. 2.-4. painos. Porvoo. WS Bookwell Oy
- Kangas, A. 2010 Toimialajohtaja. Memar Oy. Tapaaminen 10.10.2010.
- Kaunisto, M. 2009 Työnjohtaja. Memar Oy. Tapaaminen 17.2.2009.
- Lehtonen, M. 2008 Tuntiopettaja. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tapaaminen. 10.11.2008.
- Memar Oy tuotteet. 2008. [Verkkajulkaisu]. Memar Oy. [Viitattu 11.10.2010]. Saatavana: <http://www.memar.fi>.
- Myllymäki, H. 2010 Toimitusjohtaja. Memar Oy. Tapaaminen 10.10.2010.
- Rauhala, J. 2010 Myyntiedustaja. SabriScan Oy. Puhelinkeskustelu 5.8.2010.
- Rintala, L. 2009 Strateginen ostaja. Wärtsilä NSD. Tapaaminen. 13.1.2009.
- SFS-EN ISO 14121-1. 2008. Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 1: Periaatteet. Suomen Standardisoimisliitto.
- Valtanen, E. 2002. Tekniikan Taulukkokirja. Jyväskylä. Genesis-Kirjat Oy.
- Valtioneuvoston asetus koneen turvallisuudesta (400/2008).
- Ylä-Mononen, P. 2009 Tuotantopäällikkö. Memar Oy. Tapaaminen 17.2.2009.
- Wärtsilä NSD. 2003 Laatuohje 4V11L1176.

## LIITTEET

LIITE 1: Koneen mallinnuskuva.

LIITE 1

